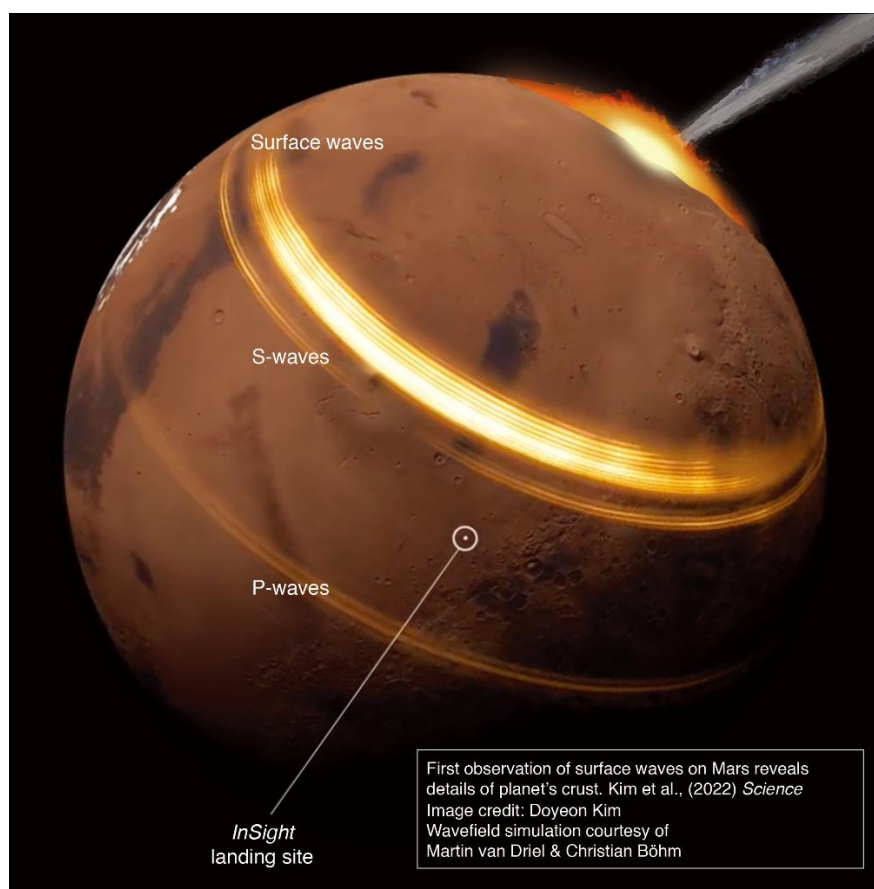


NUOVE ACQUISIZIONI SULL'ATTIVITÀ GEOLOGICA ATTUALE DI MARTE

Riprendiamo, con autorizzazione, due articoli da MEDIA INAF del 27 ottobre 2022 ("Onde sismiche superficiali rilevate su Marte" di Valentina Guglielmo) e del 28 ottobre 2022 ("Marte mostra segni di attività geologica" di Maura Sandri).

ONDE SISMICHE SUPERFICIALI RILEVATE SU MARTE

Le prime onde sismiche superficiali rilevate da InSight a seguito dell'impatto di un meteorite avvenuto il 24 dicembre 2021 raccontano una geologia marziana un po' diversa da quella che si conosceva, e aiuteranno a risolvere una questione a lungo dibattuta circa l'origine della crosta del Pianeta rosso. Si attendono anche nuovi risultati dal terremoto marziano più forte mai rilevato.



Simulazione del campo d'onda su Marte. La prima osservazione delle onde superficiali su Marte rivela dettagli sulla composizione della crosta del pianeta. Crediti: Eth Zurigo/Doyeon Kim, Martin van Driel e Christian Boehm

NEWSLETTER TELEMATICA APERIODICA DELL'A.A.S. - ASSOCIAZIONE ASTROFILI SEGUSINI APS – ANNO XVII

La Nova è pubblicazione telematica aperiodica dell'A.A.S. - Associazione Astrofili Segusini APS di Susa (TO) riservata a Soci e Simpatizzanti.

È pubblicata senza alcuna periodicità regolare (v. Legge 7 marzo 2001, n. 62, art. 1, comma 3) e pertanto non è sottoposta agli obblighi previsti della Legge 8 febbraio 1948, n. 47, art. 5. I dati personali utilizzati per l'invio telematico della Nova sono trattati dall'AAS secondo i principi del Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR - Regolamento UE 2016/679).

www.astrofiliisusa.it

A cinque anni dall'arrivo su Marte, quando ormai la polvere depositata sui pannelli solari fornisce poca energia e costringe al conto alla rovescia, InSight centra il suo insperato obiettivo. Una delle ragioni principali per cui era stato mandato a posarsi, con il suo sismografo, proprio sul Pianeta rosso: rilevare onde sismiche sulla superficie di Marte. Le più utili per scoprire com'è fatta la crosta del pianeta e per capire come si è evoluta nel tempo. Ed è stato l'impatto di un meteorite a provocarle, circa 3500 chilometri più in là. Quali informazioni abbiano trasportato queste onde, fino al *lander* e poi qui sulla Terra, lo racconta un articolo pubblicato oggi su *Science*. Vediamolo.

La rilevazione dell'impatto di un meteorite in diretta è un po' una novità per InSight. Dopo la prima esperienza di collaborazione con il Mars Reconnaissance Orbiter, avvenuta poco più di un mese fa e riguardante la formazione di ben tre crateri, la notizia di oggi consente di fare un passo ulteriore nello studio della superficie marziana. L'impatto del meteorite in questione è avvenuto il 24 dicembre 2021, dopo quasi tre anni di attività in cui il *lander* aveva rilevato solo eventi sismici il cui ipocentro era talmente profondo da risultare pressoché puntiformi sulla superficie. Questa volta, però, dopo aver rilevato delle onde che avevano tutta l'aria di essersi propagate lungo la superficie, gli scienziati della missione hanno chiesto conferma alle missioni orbitanti. E in effetti, le immagini scattate dal Mars Reconnaissance Orbiter alla fine di dicembre 2021 hanno mostrato un grande cratere da impatto a circa 3500 chilometri da InSight. E poi un secondo, che propagava onde del tutto simili, a circa 7500 chilometri. **È la prima volta che si registrano onde sismiche sulla superficie di un pianeta che non sia la Terra.**

Ciò che rende le onde sismiche di superficie così importanti sono le informazioni che trasportano sulla struttura della crosta marziana. Quelle registrate finora, che viaggiavano attraverso l'interno del pianeta dopo un terremoto, avevano fornito informazioni sul nucleo e sul mantello di Marte, ma avevano rivelato poco sulla crosta lontano dal *lander* stesso. Quel che arrivava in superficie era solo una misurazione puntiforme in corrispondenza del punto in cui si posava InSight. Conoscere la crosta di un pianeta è fondamentale per capirne la formazione ed evoluzione, poiché essa è il risultato dei primi processi dinamici nel mantello e dei successivi processi magmatici, e porta con sé quindi il racconto delle condizioni di miliardi di anni fa e della cronologia degli impatti.

Uno dei modi per studiarla, quindi, è vedere **come si propagano le onde sismiche lungo il tragitto che le conduce dal luogo d'impatto fino al sismografo che le rileva, a diverse profondità**. Sono le proprietà elastiche e la densità del materiale (della roccia) attraverso cui si propagano le onde a determinarne, ad esempio, la velocità. La velocità di propagazione delle onde superficiali, poi, dipende anche dalla loro frequenza, che a sua volta dipende dalla profondità. Misurando le variazioni di velocità nei dati sismici a diverse frequenze, è possibile dedurre come cambia la velocità a diverse profondità. Sono questi i dati analizzati nello studio, e che hanno permesso ai ricercatori di determinare la struttura della crosta da circa 5 a 30 chilometri sotto la superficie di Marte.

Il risultato: **la velocità media delle onde superficiali osservate di recente è notevolmente superiore a quella che ci si aspetterebbe** in base alle precedenti misurazioni effettuate da InSight – e basate, come dicevamo, su dati puntiformi provenienti da terremoti profondi. La velocità misurata nel nuovo studio è di circa 3.2 chilometri al secondo, e varia molto poco con la profondità. Significa che la densità della crosta è più elevata rispetto a quella calcolata sotto il *lander*. Quindi, o la composizione della crosta lontano dal *lander* è diversa da quella locale – che risulta quindi non rappresentativa della superficie marziana – o le aree vulcaniche attraversate dalle onde di superficie hanno una porosità ridotta.

La regione attraversata dalle onde tra gli impatti dei due meteoriti e il sito di misurazione, infatti, è proprio una delle più grandi regioni vulcaniche dell'emisfero settentrionale di Marte. Può succedere, dicono gli autori, che le colate di lava chiudano gli spazi porosi della roccia a causa del calore creato dai processi vulcanici, e che quindi le onde sismiche procedano più velocemente mentre le attraversano. La struttura crostale sotto il sito di atterraggio di InSight, invece, potrebbe essersi formata durante un grande impatto meteoritico avvenuto più di tre miliardi di anni fa. Questo significherebbe che **la struttura della crosta sotto il *lander* non è rappresentativa della struttura generale della crosta marziana.**

Ma non è finita qui. I dati raccolti recentemente da InSight comincerebbero anche a gettare luce su una delle questioni aperte più dibattute circa la geologia marziana: la cosiddetta "dicotomia di Marte". Il fatto che la crosta dell'emisfero meridionale – ricco di altipiani e impatti meteoritici – sembri così diversa dalle lisce pianure settentrionali – sulle quali, si pensa, vi fosse un grande oceano. Ebbene, gli ultimi

dati indicano che le caratteristiche della crosta non sarebbero poi così diverse fra i due emisferi, e potrebbero non esserlo fino a profondità elevate.

E per concludere, c'è attesa per un nuovo risultato. Gli autori dello studio, infatti, hanno annunciato nel comunicato stampa dell'Eth di Zurigo che oltre ai due impatti meteoritici registrati da InSight negli ultimi mesi, ce n'è un altro degno di nota. Sarebbe un vero e proprio terremoto marziano, il più intenso della storia e, proprio per questo, in grado di propagare onde che lungo la superficie. Anche queste sono state rilevate da InSight, lo scorso maggio, ma per conoscere i dettagli bisognerà attendere ancora un po'.

Valentina Guglielmo

<https://www.media.inaf.it/2022/10/27/meteorite-marte-onde-sismiche/>

D. Kim *et al.*, "Surface waves and crustal structure on Mars", *Science*, 27 Oct 2022, Vol 378, Issue 6618, pp. 417-421

L. V. Posiolova, P. Lognonné *et al.*, "Largest recent impact craters on Mars: Orbital imaging and surface seismic co-investigation", *Science*, 27 Oct 2022, Vol 378, Issue 6618, pp. 412-417

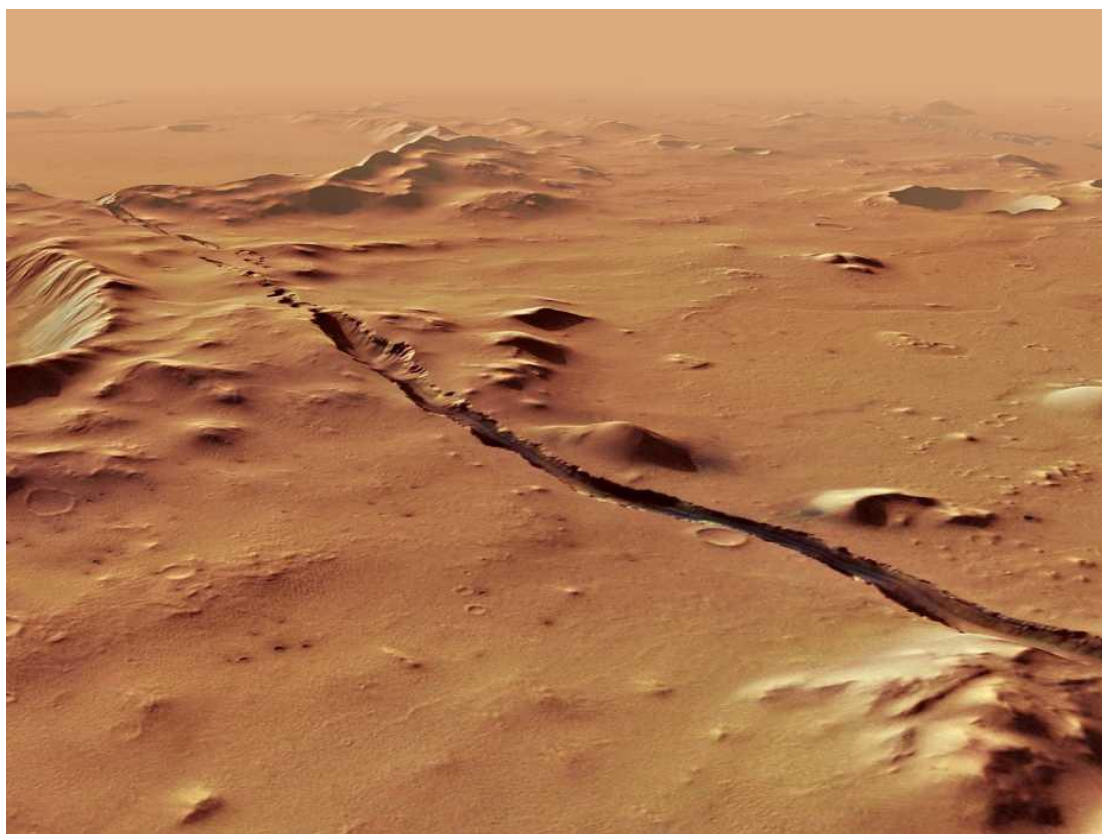
V. anche:

<https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasa-s-insight-lander-detects-stunning-meteoroid-impact-on-mars>

<https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2022/10/what-seismic-waves-reveal-about-martian-crust.html>

MARTE MOSTRA SEGNI DI ATTIVITÀ GEOLOGICA

Fino a oggi, Marte è stato generalmente considerato un pianeta geologicamente morto. Un team internazionale di ricercatori guidato dall'Eth di Zurigo riferisce ora che i segnali sismici registrati da InSight della Nasa indicano che il vulcanismo svolge ancora un ruolo attivo nel plasmare la superficie marziana.



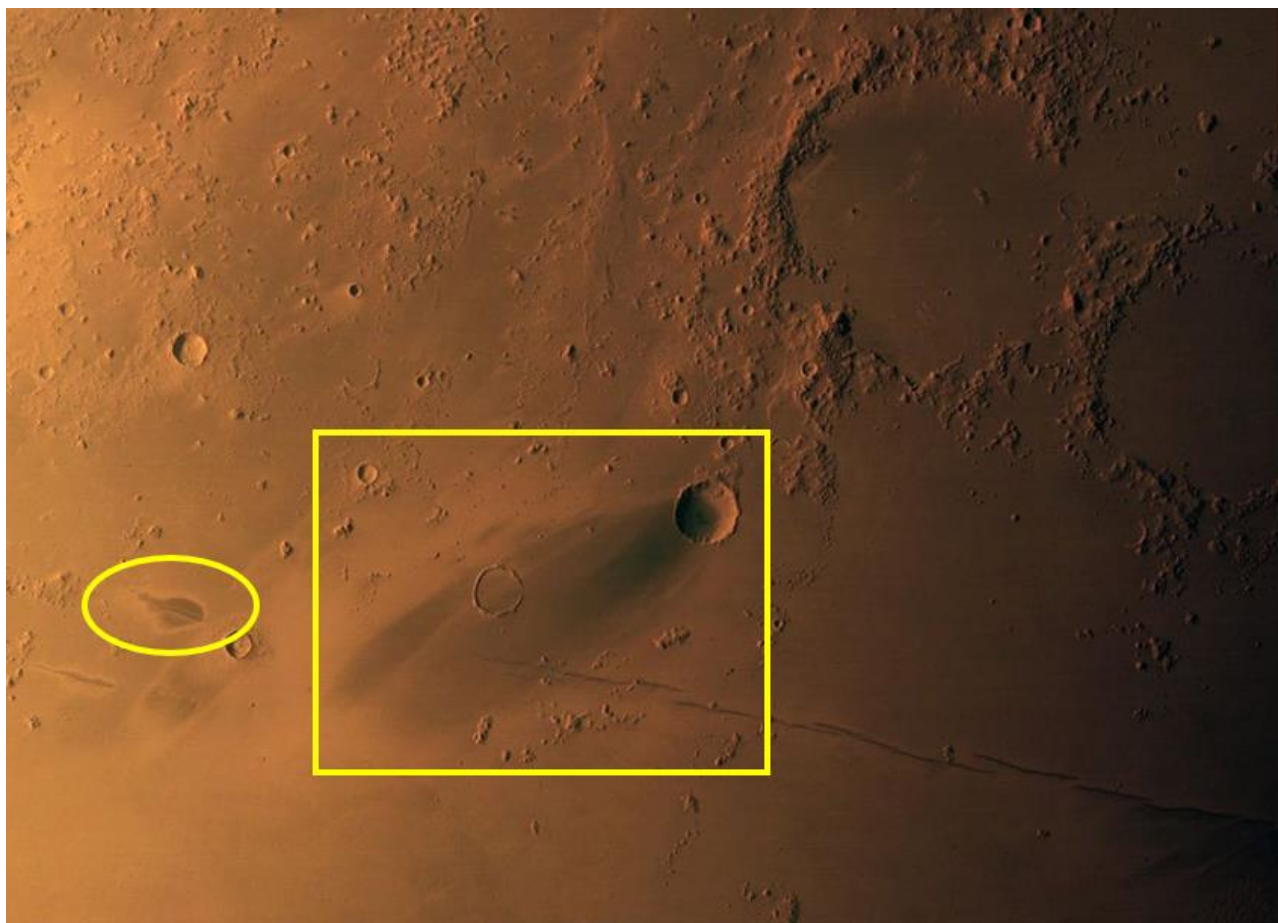
Una delle fratture dalla Cerberus Fossae che attraversa colline e crateri. Crediti: Esa/Dlr/Fu Berlin

Dal 2018, quando la missione InSight della Nasa ha schierato il sismometro Seis sulla superficie di Marte, sismologi e geofisici dell'Eth di Zurigo hanno “ascoltato” i segnali sismici di **oltre 1300 terremoti**. Uno dopo l'altro, sono stati registrati terremoti sempre più forti.

Un'analisi dettagliata della posizione dei terremoti e delle loro caratteristiche spettrali ha portato a una sorprendente scoperta. Con epicentri nelle vicinanze del *Cerberus Fossae* – una regione interessata da una serie di spaccature o *graben* – questi terremoti raccontano una nuova storia. Una storia che suggerisce che il vulcanismo gioca ancora un ruolo attivo nel plasmare la superficie marziana.

Il team internazionale ha analizzato un gruppo di **oltre 20 terremoti recenti** che hanno avuto origine per l'appunto nel sistema del *Cerberus Fossae*. Dai dati sismici, gli scienziati hanno concluso che i terremoti a bassa frequenza indicano una **sorgente potenzialmente calda** che potrebbe essere spiegata da **lava fusa**, ossia magma a quelle profondità, e da attività vulcanica su Marte. In particolare, hanno scoperto che i terremoti si trovano principalmente nella parte più interna del *Cerberus Fossae*.

Quando hanno scansionato le immagini orbitali di quest'area, hanno notato che gli epicentri si trovavano molto vicino a una struttura che era stata precedentemente descritta come una “giovane fessura vulcanica”. Depositi di polvere più scuri attorno a questa fessura sono presenti non solo nella direzione dominante del vento, ma in tutte le direzioni che circondano la cosiddetta *Cerberus Fossae Mantling Unit*.



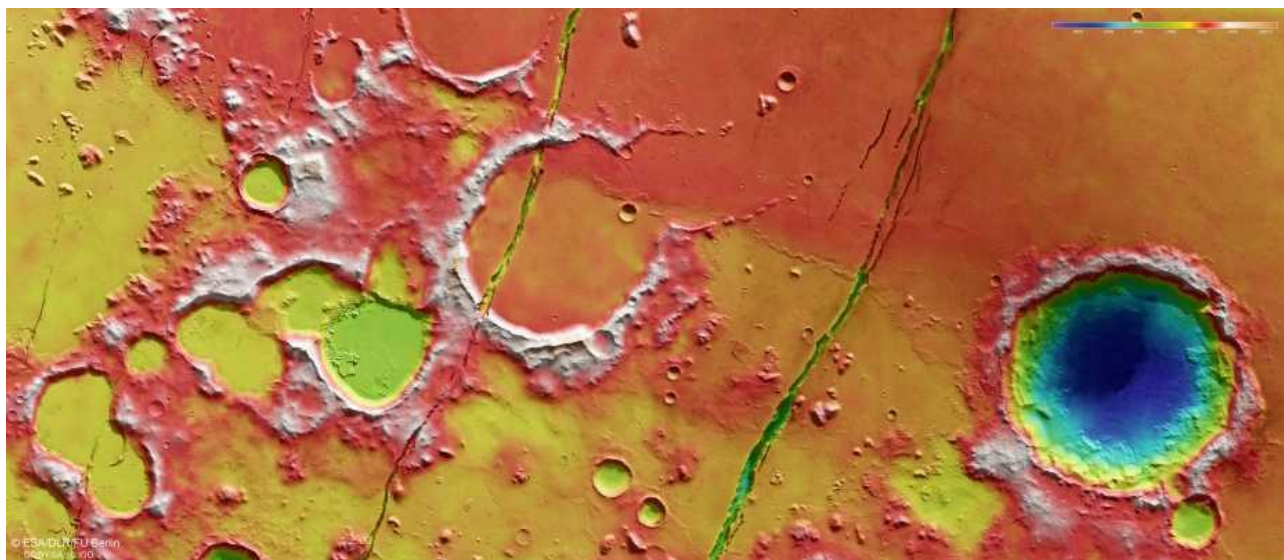
Il cratere Zunil (nel rettangolo) mostra depositi di polvere nella direzione del vento prevalente. Nella Cerberus Fossae (nell'ovale) è evidente polvere più scura distribuita in varie direzioni, indicativa di un'attività vulcanica più recente. Crediti: Emirates Mars Mission Exi Camera

«L'ombra più scura di polvere indica la **prova geologica di un'attività vulcanica più recente** – forse risalente agli ultimi 50mila anni – relativamente giovane, in termini geologici», spiega **Simon Stähler**, primo autore dell'articolo pubblicato su *Nature Astronomy*.

Marte è l'unico pianeta, oltre alla Terra, in cui gli scienziati hanno *rover*, *lander* e ora anche droni che trasmettono dati. Tutte le altre esplorazioni planetarie, finora, si sono basate su immagini orbitali.

«Il Seis di InSight è il sismometro più sensibile mai installato su un altro pianeta», afferma **Domenico Giardini**. «Offre a geofisici e sismologi l'opportunità di lavorare con dati attuali che mostrano ciò che sta accadendo oggi su Marte, sia in superficie che al suo interno». I dati sismici, insieme alle immagini orbitali, garantiscono un maggiore grado di confidenza per le inferenze scientifiche.

Lo studio di Marte è importante anche per comprendere i processi geologici, simili a quelli terrestri. Il pianeta rosso è l'unico che conosciamo, finora, che ha una composizione centrale di ferro, nichel e zolfo che un tempo avrebbe potuto supportare un campo magnetico. Le prove topografiche indicano anche che Marte un tempo conteneva vaste distese d'acqua e forse un'atmosfera più densa. Gli scienziati hanno appreso che l'acqua ghiacciata, anche se forse per lo più ghiaccio secco, si trova ancora sulle sue calotte polari.



Vista topografica con codici-colore per quantificare le quote della Cerberus Fossae: le regioni rosse e bianche sono quelle a quota più elevata, rispetto a quelle blu e viola. Crediti: Esa/Dlr/Fu Berlin

Osservando le immagini del vasto e polveroso paesaggio marziano, è difficile immaginare che circa 3,6 miliardi di anni fa fosse molto vivo, almeno in senso geofisico. Sicuramente rigurgitò detriti vulcanici per un tempo abbastanza lungo da dare origine alla regione di *Tharsis Montes*, il più grande sistema vulcanico del Sistema solare e l'*Olympus Mons*, un vulcano alto quasi tre volte il Monte Everest.

I terremoti provenienti dalla vicina *Cerberus Fossae* – dal nome di una creatura della mitologia greca conosciuta come il “segugio infernale dell’Ade” che custodisce gli inferi – suggeriscono che Marte non sia ancora del tutto morto. Qui il peso della regione vulcanica sta affondando e formando *graben* (o spaccature) parallele che solcano la crosta di Marte, proprio come le crepe che appaiono sulla parte superiore di una torta durante la cottura.

Secondo Stähler è possibile che ciò che stiamo vedendo siano gli ultimi resti di questa regione vulcanica un tempo attiva o che il magma si stia tuttora spostando verso la prossima posizione in cui avverrà un'eruzione.

Maura Sandri

<https://www.media.inaf.it/2022/10/28/magma-su-marte/>

Stähler SC, Mittelholz A, Perrin C, Kawamura T, Kim D, Knapmeyer M, Zenhäusern G, Clinton J, Giardini D, Longnonné, P, Banerdt WB, “*Tectonics of Cerberus Fossae unveiled by marsquakes*”, *Nature Astronomy*, Published: 27 October 2022

V. anche:

<https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2022/10/magma-on-mars-likely.html>